

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 4 月 8 日 (08.04.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/028672 A1

(51) 国際特許分類: B01D 63/04, 65/02, C02F 1/44

(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/012335

(22) 国際出願日: 2003 年 9 月 26 日 (26.09.2003)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2002-283715 2002 年 9 月 27 日 (27.09.2002) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱
レイヨン株式会社 (MITSUBISHI RAYON CO., LTD.)
[JP/JP]; 〒108-8506 東京都港区港南一丁目 6 番 4 1 号
Tokyo (JP).

ン株式会社 商品開発研究所内 Aichi (JP). 末吉 信也
(SUEYOSHI,Shinya) [JP/JP]; 〒461-8677 愛知県 名
古屋市 東区砂田橋四丁目 1 番 6 0 号 三菱レイヨ
ン株式会社 商品開発研究所内 Aichi (JP). 鎌田 正俊
(KAMATA,Masatoshi) [JP/JP]; 〒461-8677 愛知県 名
古屋市 東区砂田橋四丁目 1 番 6 0 号 三菱レイヨ
ン株式会社 商品開発研究所内 Aichi (JP). 木下 育
男 (KINOSHITA,Ikuo) [JP/JP]; 〒461-8677 愛知県 名
古屋市 東区砂田橋四丁目 1 番 6 0 号 三菱レイヨ
ン株式会社 商品開発研究所内 Aichi (JP). 中原 慎仁
(NAKAHARA,Yoshihito) [JP/JP]; 〒461-8677 愛知県
名古屋市 東区砂田橋四丁目 1 番 6 0 号 三菱レイヨ
ン株式会社 商品開発研究所内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 志賀 正武, 外 (SHIGA,Masatake et al.); 〒
104-8453 東京都中央区八重洲 2 丁目 3 番 1 号 Tokyo
(JP).

(81) 指定国 (国内): CN, JP, KR, SG, US.

(72) 発明者; および

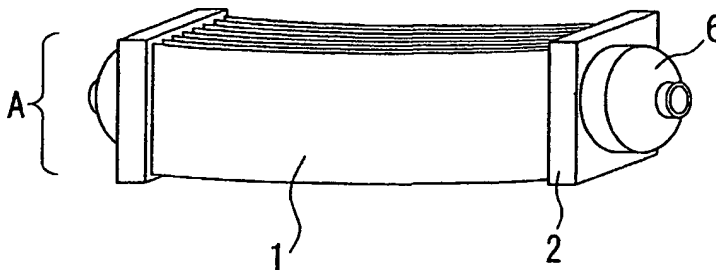
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 竹田 哲
(TAKEDA,Satoshi) [JP/JP]; 〒461-8677 愛知県 名
古屋市 東区砂田橋四丁目 1 番 6 0 号 三菱レイヨ
ン株式会社 商品開発研究所内 Aichi (JP). 小林 真澄
(KOBAYASHI,Masumi) [JP/JP]; 〒461-8677 愛知県 名
古屋市 東区砂田橋四丁目 1 番 6 0 号 三菱レイヨ

添付公開書類:
— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: HOLLOW FIBER MEMBRANE MODULE, HOLLOW FIBER MEMBRANE MODULE UNIT, MEMBRANE FIL-
TERING DEVICE USING THE MODULE UNIT, AND METHOD OF OPERATING THE MEMBRANE FILTERING DEVICE

(54) 発明の名称: 中空糸膜モジュール、中空糸膜モジュールユニット及びこれを用いた膜濾過装置と、その運転方法



(57) Abstract: A hollow fiber membrane module capable of preventing the pressure resistance of a hollow fiber membrane fixed part to be lowered even when a membrane area is increased in a module using sheet-like hollow fiber membranes having an excellent washability, a hollow fiber membrane module unit using the module, a membrane filtering device using the unit, and a method of operating the membrane filtering device, the hollow

fiber membrane module comprising a plurality of sheet-like hollow fiber membranes (1) and a fixing member (2) fixing the plurality of sheet-like hollow fiber membranes (1) generally horizontal to each other with at least one ends of the end parts of the membranes held in open state, wherein the end face of the fixing member (2) on a side where the hollow fiber membranes are exposed is formed in a generally rectangular shape, and the end face of the fixing member (2) on a side where the hollow fiber membranes are open is formed in a generally circular shape.

(57) 要約: 洗浄性に優れるシート状中空糸膜を用いたモジュールにおいて膜面積を増やした場合でも、中空糸膜固定部の耐圧性が低下しない中空糸膜モジュール、該モジュールを用いた中空糸膜モジュールユニット及び該ユニットを用いた膜濾過装置と、その運転方法を提供する。中空糸膜モジュールは、複数のシート状中空糸膜(1)と、該複数のシート状中空糸膜(1)を、その端部の少なくとも一方を開口状態に保持したまま、概略平行に固定する固定部材(2)とを備え、該固定部材(2)の中空糸膜が露出する側の端面形状が概略矩形であり、且つ、該固定部材(2)の中空糸膜が開口する側の端面形状が概略円形となっている。

WO 2004/028672 A1

ピング洗浄や、それらを組み合わせた洗浄等を定期的実施し、中空糸膜の外部に付着した膜面閉塞物質を剥離させることにより、濾過性能を回復させる操作が行われる。

中空糸膜モジュールは、単位容積あたりの中空糸膜本数を増やして膜面積を増やすことができるが、中空糸膜を円筒状に集束配置して膜面積を増やすと、洗浄の際にスクラッピングエアや逆洗水が通過し難く、洗浄が効き難い。そこで、中空糸膜をシート状に配列し、中空糸膜に間隔を設けて均一に配置すると、膜表面を均一に洗浄することができ、高汚濁水の濾過にも適用が可能となる。

中空糸膜モジュールは、例えば上水の浄化においては処理量が $1 \text{ 万 m}^3 / \text{d}$ を超えるような大規模な処理施設にも用いられている。この場合、膜面積を増やすため、多数の中空糸膜モジュールが使用されるが、例えば中空糸膜モジュールを並べて配置し、ユニット化する場合、各中空糸膜モジュールの端部に配された固定部材、集水部の大きさや形状によって、どこまで近接して配置できるかが規制される。

例えば、中空糸膜の片端部或いは両端部がハウジング内の固定部材で開口状態を保ちつつ固定されており、中空糸膜が固定部材より露出する側の固定部材面の面積を A 、中空糸膜が開口している固定部材端面の面積を B としたとき、 $1.0 \geq A/B \geq 1.2$ を満たす中空糸膜モジュールが提案されている（特開平 7-178320 号公報参照）。

このモジュールは、シート状の中空糸膜を、細長い矩形に成型された固定部材に固定している。このとき、中空糸膜が露出する側の固定部材の幅が、集水管の外径や接続部より大きく、集水管等が互いに干渉しないことから、固定部材の側面同士が接するようにモジュールを並列配置することができるため、中空糸膜の集積度をさほど低下させずに、中空糸膜全体を均等にスクラッピング洗浄することが可能である。

一つの固定部材に固定するシート状中空糸膜は、多いほど全体の中空糸膜の集積度は向上し、かつ中空糸膜面積あたりの加工コストが低下する。しかしながら、細長い矩形状に形成された固定部材に固定できる中空糸膜の量は限られる。その一方、固定できる中空糸膜量を増やすため、固定部材の矩形の幅を広げて大きくすると、耐圧性が極端に低下する問題がある。

また、複数のシート状中空糸膜を並べて、一つの円筒状ハウジング端部に固定部材で固定することにより、中空糸膜の集積度を高めつつ、シート状中空糸膜間の間隔を保って洗浄性を良好にした中空糸膜モジュールが知られている（例えば特開2000-51670号公報参照）。

しかしながらこのモジュールは、円筒形状のハウジング内部にシート状中空糸膜を並べているため、円筒の中央部に比べて、端部に固定されるシート状中空糸膜の幅が短くなり、中空糸膜の集積度が低下するきらいがあった。

また、中空糸膜束を複数に分割し、両端のポッティング部の中間付近で支持体により拡幅固定し、洗浄性を向上させた中空糸膜モジュールが知られている（例えば特開平6-99038号公報参照）。

しかしながらこのモジュールは、両端のポッティング部の中間付近で支持体により拡幅固定しているため、中空糸膜の集積度が低下し、またポッティング部付近の洗浄性が不足する場合があった。

次に、中空糸膜モジュールが大規模な処理施設に用いられる場合には、膜面積を増やすため、浸漬水槽内に多数の中空糸膜モジュールを設置して使用される。中空糸膜モジュールは、浸漬水槽内を有効に利用するため、複数列、複数段に設置される。

しかしながら、この場合、かなり多くの配管スペースや作業スペースが必要となり、有効に利用できないスペースが生じる問題があった。そのため、定期的な洗浄により発生する洗浄排水が必要以上に多くなり、水回収率が低下する問題があった。

本発明は前記課題を解決するためになされたもので、洗浄性に優れるシート状中空糸膜を用いたモジュールにおいて、膜面積を増やした場合でも、中空糸膜固定部の耐圧性が低下することのない中空糸膜モジュール及び中空糸膜の集積度を向上させた中空糸膜モジュールユニットを提供することを目的とする。また、前記中空糸膜モジュールユニットを用いた膜濾過装置及びその運転方法を提供することを目的とする。

発明の開示

即ち本発明の第一の要旨は、複数のシート状中空糸膜（1）と、該複数のシー

ト状中空糸膜（１）を、その端部の少なくとも一方を開口状態に保持したまま、概略平行に固定する固定部材（２）とを備え、該固定部材（２）の中空糸膜が露出する側の端面形状が概略矩形であり、且つ、該固定部材（２）の中空糸膜が開口する側の端面形状が概略円形である中空糸膜モジュール、である。

このように、本発明の第一の要旨による中空糸膜モジュールは、固定部材（２）の中空糸膜が露出する側の端面形状が概略矩形であり、且つ、固定部材（２）の中空糸膜が開口する側の端面形状が概略円形であるため、洗浄性に優れるシート状中空糸膜を用いたモジュールにおいて膜面積を大きくした場合でも、中空糸膜固定部の耐圧性が低下することがない。

前記固定部材（２）は、中空糸膜が露出する側に、形状が概略直方体である直方体部（３）と、中空糸膜が開口する側に、形状が概略円筒である円筒部（４）とを有すると、耐圧性、洗浄性、中空糸膜の集積度をいずれも良好とできるため好ましい。

また、前記円筒部（４）の直径を D （mm）、円筒の長さを L （mm）としたとき、

0. $2 \leq L/D \leq 1.0$ の関係式を満足すると、より好ましい。

更に、前記直方体部（３）の、中空糸膜が露出する端面の長辺部の長さを W （mm）とし、前記円筒部（４）の直径を D （mm）としたとき、

1. $0 \leq W/D \leq 2.0$ の関係式を満足することがより好ましい。

本発明の第二の要旨は、前記中空糸膜モジュールが複数個配置されてなると共に、シート状中空糸膜（１）のシート面に垂直な側面に、前記円筒部（４）が貫通する穴を有する板状部材（５）を設け、該板状部材（５）により中空糸膜モジュールが位置固定されてなる中空糸膜モジュールユニット、にある。

このように、本発明の第二の要旨による中空糸膜モジュールユニットは、円筒部（４）が貫通する穴を有する板状部材（５）を設け、板状部材（５）により中空糸膜モジュールが位置固定されているので、簡便かつ確実に固定することができると共に、中空糸膜の集積度を向上させることができる。

また、前記円筒部（４）と、これに係合する集水キャップ（６）とで、前記板状部材（５）を挟み込んで固定すると、簡便かつ確実に固定できるため好ましい。

前記円筒部（４）と、前記集水キャップ（６）とが、ねじ係合により固定され

てなると、より簡便に取り外しできるため好ましい。

また、前記中空糸膜モジュールユニットが複数個、鉛直方向に重ねて配置されると共に、

前記シート状中空糸膜（１）のシート面が鉛直方向となるように配置され、かつ鉛直方向に隣接する前記集水キャップ（６）同士が、鉛直方向に伸びる集水部材（７）によって連結され、

前記シート状中空糸膜（１）のシート面に平行な側面に、サイドフレーム（２１）が配置されていると、少ない設置面積で中空糸膜の集積度を上げることができるため好ましい。

このとき、鉛直方向に隣接する中空糸膜モジュールのシート状中空糸膜（１）同士の鉛直方向の間隔が、７０mm以下であると、中空糸膜の洗浄効率が良好となるため好ましい。

本発明の第三の要旨は、膜モジュールユニットを水槽内に配置した膜濾過装置であって、

該膜モジュールユニットは、複数の中空糸膜モジュールからなり、

該中空糸膜モジュールは、複数のシート状中空糸膜（１）と、該複数のシート状中空糸膜（１）を、その端部の少なくとも一方を開口状態に保持したまま、概略平行に固定する固定部材（２）とを備え、該固定部材（２）の中空糸膜が露出する側の端面形状が概略矩形であり、且つ、該固定部材（２）の中空糸膜が開口する側の端面形状が概略円形である中空糸膜モジュールからなり、

該膜モジュールユニットの膜面積を S （ m^2 ）、該膜モジュールユニットの投影面積を A （ m^2 ）、該膜モジュールユニットの容積を V' （ m^3 ）、該水槽の容積を V （ m^3 ）としたとき、以下の３つの関係式を満足する膜濾過装置である。

$$1000 \leq S/A \leq 2000 \quad \dots \text{式(1)}$$

$$500 \leq S/V' \leq 800 \quad \dots \text{式(2)}$$

$$0.70 \leq V'/V \leq 0.99 \quad \dots \text{式(3)}$$

また、本発明の第四の要旨は、膜モジュールユニットを水槽内に配置した膜濾過装置の運転方法であって、

該膜モジュールユニットを複数の中空糸膜モジュールで構成し、

該中空糸膜モジュールを、複数のシート状中空糸膜（１）が、その端部の少なく

とも一方が開口状態を保持したまま、固定部材（２）により概略平行に固定されると共に、該固定部材（２）の中空糸膜が露出する側の端面形状が概略矩形であり、且つ、該固定部材（２）の中空糸膜が開口する側の端面形状が概略円形である中空糸膜モジュールからなるように構成し、

該膜モジュールユニットの膜面積を S (m^2)、濾過流束を J (m/d)、濾過時間を T (h)、排水サイクル数を N (回)、排水量を D (m^3)、逆洗流束を J' (m/d)、逆洗時間を T' (h) としたとき、以下の関係式を満足する膜面積 S 、濾過流束 J 、濾過時間 T 、排水サイクル数 N 、排水量 D 、逆洗流束 J' 、逆洗時間 T' を設定して前記膜濾過装置を運転する膜濾過装置の運転方法である。

$$N \geq 22.8 D / \{S (0.05 J T - J' T')\} \quad \dots\dots \text{式 (4)}$$

こうした本発明の膜濾過装置及びこうした運転方法が適用される膜濾過装置は、非常にコンパクトでありながら膜面積が大きく、しかも洗浄性に優れているため、長期に亘って安定して濾過を行うことができる。

図面の簡単な説明

図１は本発明の中空糸膜モジュールの一例を示す斜視図である。

図２は本発明の中空糸膜モジュールにおける固定部材の一例を示す断面図である。

図３は本発明の中空糸膜モジュールにおける固定部材の一例を示す斜視図である。

図４は本発明の中空糸膜モジュールにおける固定部材の別の一例を示す断面図である。

図５は本発明の中空糸膜モジュールの別の一例を示す斜視図である。

図６は本発明の中空糸膜モジュールユニットの一例を示す斜視図である。

図７は本発明の中空糸膜モジュールユニットの位置固定部の一例を示す断面図である。

図８は本発明の中空糸膜モジュールユニットを鉛直方向に積み上げた際の一例を示す正面図である。

図９は本発明の膜濾過装置の一例を示すフロー図である。

図１０は本発明の膜濾過装置における浸漬水槽底面の一例を示す概念図であ

る。

発明を実施するための最良の形態

以下、図面を元に本発明について詳しく説明する。

図1は、本発明の中空糸膜モジュールの一例を示す斜視図である。

中空糸膜モジュール(A)は、シート状中空糸膜(1)、固定部材(2)、集水キャップ(6)とから概略構成される。シート状中空糸膜(1)が等間隔で複数平行に配置され、その両端部が、開口状態を保ったまま固定部材(2)により固定され、固定部材(2)には集水キャップ(6)が装着されている。

図2は、本発明の中空糸膜モジュールの中空糸膜固定部の一例を示す図であり、シート状中空糸膜のシート面に垂直な方向における断面図である。

シート状中空糸膜(1)は、等間隔で複数平行に配置されており、その端部は固定部材(2)により固定されている。

固定部材(2)は、シート状中空糸膜(1)の露出側の端面形状が概略矩形であり、中空糸膜開口端側の形状が概略円形となっている。シート状中空糸膜(1)が開口する側の固定部材(2)の端面形状が円筒形である場合、直方体である場合よりもたわみが小さく、応力が分散することから、その耐圧性能は格段に高くなる。従ってこのような形状とすることにより、シート状中空糸膜を数多く配した場合であっても、中空糸膜の集積度、洗浄性、耐圧性をいずれも良好にすることが可能になる。

この際、固定部材(2)の形状は、例えばシート状中空糸膜(1)が露出する側から開口端面側に向かって連続的に変化するような形状であっても構わない。しかし、図1、図2に示すように、固定部材(2)は、中空糸膜が露出する側に、形状が概略直方体である直方体部(3)と、中空糸膜が開口する側に、形状が概略円筒である円筒部(4)とを有するようにすると、以下の3点の優れた効果を同時に得ることが可能となる。

1. 一つの固定部材(2)の直方体部(3)に、多数のシート状中空糸膜(1)を、間隔を保ちつつ固定することができるため、洗浄性に優れる。
2. 複数の中空糸膜モジュール(A)を並べるにあたって、直方体部(3)の側面同士を重ね合わせることで、無駄な空間を使用することなく、中空糸膜の

集積度を極めて高い状態にすることができる。

3. 固定部材(2)の中空糸膜が開口する側が、円筒部(4)となっているため、耐圧性を極めて高くすることができる。

固定部材(2)の円筒部(4)は、円筒の中心軸に垂直な断面形状が完全な円形である必要は必ずしも無く、楕円形状であっても、ソラマメ状であっても良く、また、例えば12角形や16角形のような、円に近い多角形とすることもできるが、円形であることが最も好ましい。

そして、円筒部(4)の直径をD(mm)、筒中心軸方向の長さをL(mm)としたとき、

0.2 ≤ L/D ≤ 1.0 の関係を満足することが好ましい。

中空糸膜固定部の耐圧性は、円筒部(4)のL/Dの影響を大きく受ける。L/Dが0.2を下回ると耐圧性が不足するため、L/Dの下限は0.2以上であり、0.25以上がより好ましい。一方、L/Dが1.0を越えると中空糸膜有効部の損失が多くなるため、L/Dの上限は1.0以下であり、0.8以下がより好ましい。

なお、ここでいう円筒部(4)の直径Dとは、円筒部(4)の断面が真円でない場合は、最も長い部分の径をいう。

円筒部(4)のLやDの寸法は、中空糸膜モジュールのサイズにあわせ適宜選定すればよいが、Dが小さすぎるとシート状中空糸膜(1)の配列が困難になるため、Dの下限としては30mm以上が好ましく、50mm以上がより好ましい。一方、Dが大きすぎるとモジュールの加工性が低下したり、耐圧性が不足する場合があることから、Dの上限は400mm以下が好ましく、300mm以下がより好ましい。

また、Lが小さすぎると耐圧性が不足するため、下限は10mm以上が好ましく、50mm以上がより好ましい。一方、Lが大きすぎると中空糸膜有効部の損失が多く、通水抵抗も増加するため、Lの上限は300mm以下が好ましく、200mm以下がより好ましい。

図3は、本発明の中空糸膜モジュールの中空糸膜固定部の一例を示す斜視図である。本発明の中空糸膜モジュール(A)は、中空糸膜が露出する端面の長辺部の長さをW(mm)、円筒部(4)の直径をD(mm)としたとき、

1. $0 \leq W/D \leq 2.0$ の関係を満足するものである。

D に対し W を大きくすることにより、中空糸膜固定部の耐圧性を低下させることなく中空糸膜モジュールの膜面積を増やすことができる。しかし、W/D が大きすぎると、シート状中空糸膜の絞り込みがきつくなるため、シート状中空糸膜の整列が困難となり、中空糸膜の有効長が中空糸膜シート毎にばらつく問題を生じる。また、積層されたシート状中空糸膜のうち外層に位置するものは、直方体部 (3) の内部に埋没する中空糸膜長さが増加するため通水抵抗が大きくなる問題もある。従って W/D の上限は 2.0 以下であり、1.8 以下がより好ましい。

一方、W/D が小さすぎると、加工は容易になるが耐圧性が低下する問題が生じる。従って W/D の下限は 1.0 以上であり、1.2 以上がより好ましい。

W は、中空糸膜モジュールの膜面積にあわせ適宜選定すればよいが、W が小さすぎるとモジュール膜面積を大きくとり難いため、W の下限は 40 mm 以上であり、80 mm 以上がより好ましい。

一方、W が大きすぎると、モジュールの加工性が低下し好ましくないことから、W の上限としては 500 mm 以下であり、より好ましくは 400 mm 以下である。

なお、図 3 においては、直方体部 (3) の縦方向の方が長い場合について、W を図示したが、横方向 (シート状中空糸膜積層方向) の方が長い場合には、横方向を W とする。

直方体部 (3) の中空糸膜繊維軸方向の長さについては、中空糸膜の有効長、外径、シート状中空糸膜の幅等により中空糸膜の配置形状が変化するため、適宜選定すればよい。しかし、直方体部 (3) の中空糸膜繊維軸方向の長さがあまり短いと、等間隔で複数配置されたシート状中空糸膜を直方体から円筒に集束し難いため、直方体部 (3) の中空糸膜繊維軸方向の長さの下限としては 5 mm 以上が好ましく、10 mm 以上がより好ましい。

一方、直方体部 (3) の中空糸膜繊維軸方向の長さが長すぎると中空糸膜有効部の損失が多くなると共に、濾過に関与しない部位が増えて通水抵抗が増加するため、直方体部 (3) の中空糸膜繊維軸方向の長さの上限としては 100 mm 以下が好ましく、70 mm 以下がより好ましく、50 mm 以下が更に好ましい。

中空糸膜から取り出した濾液を集めるために、円筒部 (4) には集水キャップ (6) が配される。集水キャップ (6) の装着は、円筒部 (4) の外周に設けら

れたネジ（８）と、集水キャップ（６）に設けられたネジ（８）とを係合させ、Ｏーリング等のシール部材（９）でシールするようにすると、取り外しが簡便であり、かつ確実にシールできるため好ましい。

図４は、本発明の中空糸膜モジュールにおける中空糸膜固定部の別の一例を示す図であり、シート状中空糸膜のシート面に垂直な方向における断面図である。

この例においては、シート状中空糸膜（１）は、ハウジング（１０）内で、固定部材（２）によって固定されている。

なお、図４の例のように、ハウジング（１０）を有する場合であっても、前述の（Ｄ）、（Ｌ）、（Ｗ）は、ハウジング（１０）がない場合と同様に、固定部材（２）の寸法を基準とする。

ハウジング（１０）を設ける場合であっても、集水キャップ（６）は、円筒部（４）の外周に設けられたネジ（８）と、集水キャップ（６）に設けられたネジ（８）とを係合させ、Ｏーリング等のシール部材（９）でシールするようにすればよい。また、集水キャップ（６）はハウジング（１０）と一体とすることも可能である。あるいは、集水キャップ（６）は固定部材（２）に接着しても構わない。

本発明の中空糸膜モジュールは、シート状中空糸膜（１）の両方の端部が、別々の固定部材（２）により固定された構造が好ましく用いられる。中空糸膜モジュールの使用において、中空糸膜外部に原水を供給し、中空糸膜内部から処理水を取り出す場合、中空糸有効長が長くなると中空糸膜内部の通水抵抗が大きくなる問題がある。しかし、図１に示すような中空糸膜の両方の端部から集水する構造にすることにより、通水抵抗が低下し、中空糸有効長を長くとることができる。また、両方の端部を固定部材（２）により固定することにより、中空糸膜モジュールをユニット化する場合に支持しやすい特徴もある。

図５は、本発明の中空糸膜モジュールの別の一例を示す斜視図である。この例の中空糸膜モジュール（Ａ）は、シート状中空糸膜（１）、固定部材（２）、集水キャップ（６）、支持部材（１１）とから概略構成される。シート状中空糸膜（１）は、等間隔で複数平行に固定部材（２）に配置され、その一方の端部が固定部材（２）により固定され、他方の端部は支持部材（１１）によって支持されている。また、固定部材（２）には、集水キャップ（６）が装着されている。

支持部材（１１）は、シート状中空糸膜（１）を等間隔で複数平行に支持できるものであれば、その構造等特に制限無く用いることができ、例えば樹脂を塗布して全体を固めてもよいし、棒状、糸状等の部材に中空糸膜を固定してもよい。また、中空糸膜を中央部で折り返してＵ字状にし、折り返し部分を支持部材（１１）で固定するようにすることもできる。

このような片端のみから集水する方式は、中空糸膜の有効長が短い場合や中空糸膜の径が大きい場合に適用することができる。

処理する規模が大きい場合、複数の中空糸膜モジュールを用いて、中空糸膜モジュールユニットとすると、取扱い性に優れるため好ましい。この際、中空糸膜モジュールユニットは、洗浄性を損なうことなく、膜の集積度をできるだけ高くすることが好ましい。

図６は、本発明の中空糸膜モジュールユニットの一例を示す斜視図である。

中空糸膜モジュールユニット（Ｂ）は、中空糸膜モジュール（Ａ）、板状部材（５）、集水キャップ（６）、サイドフレーム（２１）から概略構成される。

板状部材（５）には４つの穴が設けてある。そして、中空糸膜モジュール（Ａ）のシート面が鉛直方向を向き、中空糸膜の繊維軸方向が水平方向を向くように、円筒部（４）をこの穴に挿入し、突出した円筒部（４）に集水キャップ（６）を装着することにより、板状部材（５）によって中空糸膜モジュール（Ａ）が固定される。

集水キャップ（６）の装着は、前述したように、円筒部（４）と集水キャップ（６）に設けたネジ（８）の係合によって行くと、簡便かつ確実に行うことができる。このとき、図７に示すように、板状部材（５）に設けた穴よりも集水キャップ（６）を大きくすることにより、集水キャップ（６）と板状部材（５）によって中空糸膜モジュール（Ａ）の位置固定を行うことができる。

板状部材（５）に中空糸膜モジュール（Ａ）を合計４本固定し、シート状中空糸膜（１）のシート面に沿った両側面から、サイドフレーム（２１）を装着することにより、中空糸膜モジュールユニット（Ｂ）が組み立てられる。

なお、図６の例では、中空糸膜モジュール（Ａ）が４本からなる中空糸膜モジュールユニット（Ｂ）を例示したが、必要に応じ本数は調整することができる。

サイドフレーム（２１）は、中空糸膜モジュールユニット（Ｂ）の形状を維持

する機能と、スクラビングエアを外に漏らすことなく中空糸膜に集中させる機能を有する。

サイドフレーム（21）の例としては、ステンレス鋼等の、剛性、強度を有する板を用いることもできるが、ステンレス鋼等の枠組みに、樹脂、軽合金等の板を貼り付けたものを用いると、強度を保ったまま軽量化できるので好ましい。また、また、透明樹脂板を用いると、外部から中空糸膜モジュールを目視でき、洗浄性が良好に保たれているか否か確認が可能であるため、より好ましい。

中空糸膜モジュール（A）は、固定部材（2）の直方体部（3）で接するように、隙間無くユニット化されており、スクラビングエアをユニット全体に均等に供給することが可能である。

このようにして組み上げた中空糸膜モジュールユニット（B）を、さらに鉛直方向あるいは横方向に複数個並べて一体化すると、処理する規模に応じて中空糸膜の面積を容易に調整できる。

この際、中空糸膜モジュールユニット（B）を配置する浸漬水槽の深さによる制約はあるが、図8に示すように、鉛直方向に複数個の中空糸膜モジュールユニット（B）を積層して一体化することは、設置面積あたりの中空糸膜の集積度を向上させる観点から好ましい。中空糸膜モジュールユニット（B）を積層する段数は、例えば2～10段である。浄水場の凝集沈殿地等に浸漬する場合、積層する段数は4～6段であることが好ましい。

また、中空糸膜モジュールユニットを鉛直方向に積層したものを、必要に応じ浸漬水槽内に複数台並べて使用することも可能である。

鉛直方向に複数個の中空糸膜モジュールユニット（B）を積層する場合、隣接する中空糸膜モジュールのシート状中空糸膜（1）同士の鉛直方向の間隔が広すぎると、スクラビングエアが、下方に位置する中空糸膜モジュールの膜面に衝突したあと、その上に位置する中空糸膜モジュールの膜面に上昇するにあたって、スクラビングエア同士が合体し、大きな径となる傾向にある。その結果分散性が悪くなり、上方に位置する中空糸膜モジュールほど、膜面洗浄の均一性が保てなくなる。

このため、シート状中空糸膜（1）同士の鉛直方向の間隔は、70mm以下、より好ましくは、60mm以下とする。これにより、スクラビングエアが、下

方に位置する中空糸膜モジュールの膜面に衝突したあと、その上に位置する中空糸膜モジュールの膜面に上昇するにあたって分散性を保つため、鉛直方向に複数の中空糸膜モジュールを積み上げた場合であっても、洗浄性を損なうことがない。

なお、ここでいうシート状中空糸膜（１）同士の鉛直方向の間隔とは、上方に位置する中空糸膜モジュールの、シート状中空糸膜（１）の固定部分の最下端部と、その直下に位置する中空糸膜モジュールの、シート状中空糸膜（１）の固定部分の最上端部との間隔をいい、エアースクラビングにより揺動することにより、可変する部位同士の間隔をいうものではない。

シート状中空糸膜（１）同士の鉛直方向の間隔は、あまり短すぎると中空糸膜同士が絡まってしまい、洗浄性を損なう懸念があるため、下限としては20mm以上とすることが好ましく、30mm以上とすることがより好ましい。

鉛直方向に複数個の中空糸膜モジュールユニット（Ｂ）を積層する際は、各々の集水キャップ（６）からの濾液を集合させて取り出すようにする必要がある。この際、集水キャップ（６）同士を、鉛直方向に伸びる集水部材（７）によって連結すると、コンパクトかつ容易に連結することができる。

集水部材（７）は、例えばユニオン継手、フランジ継手、チーズ継手、フレキシブルホース、カップリング等を使用し、集水キャップ（６）と集水部材（７）、或いは複数の集水部材（７）同士を連結すればよい。

集水部材（７）の材質は、機械的強度、耐久性を有するものであればよく、例えばポリカーボネート樹脂、ポリスルホン樹脂、アクリル樹脂、ABS樹脂、変性PPE（ポリフェニレンエーテル）樹脂、塩化ビニル樹脂、ポリオレフィン（ポリプロピレン、ポリエチレン等）樹脂のほか、ステンレス鋼、青銅、黄銅、鋳鋼などを用いることができる。

本発明の中空糸膜モジュールに用いられる固定部材（２）としては、中空糸膜、ハウジング（１０）との十分な接着強度を有し、各用途で求められる要求性能を満たすものを適宜選定して使用することができ、例えば、ポリウレタン樹脂、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、不飽和ポリエステル樹脂等の熱硬化性樹脂や、ポリウレタン樹脂、エチレン酢酸ビニル共重合体、ポリオレフィン樹脂等の熱可塑性樹脂を使用することができる。中空糸膜の固定方法としては、熱可塑性樹脂を用いる場合は加熱溶融させ流し込む方法や、熱硬化性樹脂を用いる場合は、遠心力

を使用する方法や自重で流し込む方法等、公知の方法を用いることができる。

ハウジング（１０）を使用する場合、その材質は各用途の要求性能に合わせ適宜選定し使用することができる。例えば、ポリオレフィン、ポリカーボネート、変性ポリフェニレンオキサイド、ＡＢＳ、ポリ塩化ビニル等が挙げられ、固定部材（２）との接着性が低い場合にはプライマー処理を施して使用することも可能である。

本発明の中空糸膜モジュールに用いられる中空糸膜は、その材質、孔径、空孔率、膜厚、外径等、特に制限無く使用することができる。例えば、中空糸膜の材質としては、ポリオレフィン、ポリスルホン、ポリビニルアルコール、セルロース、ポリアクリロニトリル、ポリアミド、ポリイミド、ポリテトラフルオロエチレン、ポリフッ化ビニリデン等を使用することができる。

中空糸膜をシート状に加工するにあたって、編成する場合には、加工のし易さなどの点から、ポリエチレン、ポリプロピレン等の強伸度の高い材質のものが好適に用いられる。

また、水の濾過に疎水性の中空糸膜を用いる場合には、親水化処理して用いることもできる。

また、中空糸膜の孔径は $0.001 \sim 3 \mu\text{m}$ 、空孔率 $20 \sim 95\%$ 、膜厚 $5 \sim 500 \mu\text{m}$ 、外径 $20 \sim 3000 \mu\text{m}$ を例示することができる。

本発明の中空糸膜モジュール（Ａ）は、シート状中空糸膜（１）が等間隔で複数平行に配置されている。中空糸膜をシート状に配置する方法に特に制限はないが、シート状に編成した中空糸膜シートが好適に用いられる。シート状中空糸膜を配置する間隔は、原水性状に合わせ適宜選定することができるが、例えば $2 \sim 100 \text{mm}$ を挙げることができる。シート状中空糸膜の枚数についても、モジュール膜面積に合わせ適宜選定することができる。

図９は、本発明の膜濾過装置の一例を示すフロー図である。膜濾過装置は、水槽（１２）、中空糸膜モジュールユニット（１３）、散気装置（１４）、吸引ポンプ（１５）、薬液ポンプ（１６）、薬液タンク（１７）、逆洗ポンプ（１８）、逆洗タンク（１９）、フロア（２０）から概略構成される。

本発明の膜濾過装置は、膜モジュールユニットの膜面積を $S \text{ (m}^2\text{)}$ 、膜モジュールユニットの投影面積すなわち膜モジュールユニットを上方から見た際に膜モ

ジュールユニットが占める面積を A (m^2)、膜ジュールユニットの容積を V' (m^3)、水槽の容積を V (m^3) としたとき、以下の3つの関係式を満足する。

$$1000 \leq S/A \leq 2000 \quad \dots \text{式(1)}$$

$$500 \leq S/V' \leq 800 \quad \dots \text{式(2)}$$

$$0.70 \leq V'/V \leq 0.99 \quad \dots \text{式(3)}$$

なお、上記 V' の容積は、膜ジュールユニットの外周輪郭を基準とする容積をいい、膜ジュールユニット内部の、部材が存在しない空間をも含むものである。

本発明の膜濾過装置の運転方法を以下説明する。中空糸膜ジュールユニット(13)は水槽(12)の内部に設置される。中空糸膜ジュールユニット(13)は、下部に散気装置(14)を備えている。吸引ポンプ(15)を起動することにより濾過水が得られ、その際、濾過水の一部は逆洗タンク(19)に貯められる。一定時間濾過した後、散気装置(14)に接続したブローア(20)からのエアを用いてスクラビング洗浄を行うとともに、逆洗ポンプ(18)により逆洗タンク(19)内の濾過水を使用し逆洗を行う。その際、薬液タンク(17)内の薬液が、薬液ポンプ(16)により逆洗水中に注入される。ここで、逆洗水は、浸漬水槽上部に設けられたオーバーフロー口(図示しない)から浸漬水槽外部に排出される。なお、スクラビング洗浄と逆洗は、別々に行ってもよい。

洗浄終了後、水槽内の液を水槽(12)の下部から排水する。なお、排水は洗浄毎に毎回行う必要はなく、例えば洗浄を数回行う毎に排水を1回行うこともできる。排水を1回行うまでに実施する洗浄の回数を、以降排水サイクル数 N (回)という。なお、ここでいう洗浄とは、濾過を止めた後、次の濾過を開始する前に行なわれた洗浄をいう。

即ち、スクラビング洗浄と逆洗とを同時に行った場合であっても、スクラビング洗浄と逆洗を別々に行った場合であっても洗浄の回数は1回である。また、例えばスクラビング洗浄、逆洗、スクラビング洗浄、逆洗のように、複数の工程の繰り返しとして洗浄を行う場合であっても、それぞれの洗浄が、濾過を止めた後、次の濾過を開始する前に行なわれているのであれば、洗浄の回数は1回である。

なお洗浄は、スクラビング洗浄又は逆洗のいずれか一方を行うことも可能である。また、一連の運転サイクルの中で、スクラビング洗浄又は逆洗のいずれか一

方を行ったり、両者を組み合わせて行ったりすることも可能である。例えば、i 濾過、ii スクラビング洗浄、iii 濾過、iv 逆洗、v 排水という順番で運転を行うことも可能である。この例の場合は、排水サイクル数は2回である。

別の例として、i 濾過、ii スクラビング洗浄、iii 濾過、iv スクラビング洗浄、v 逆洗、vi 濾過、vii スクラビング洗浄と逆洗を同時に実施、viii 排水という順番で運転を行うことも可能である。この例の場合は、排水サイクル数は3回である。

図10は、本発明の膜濾過装置における水槽底面の一例を示す概念図である。図中の実線は水槽の内部底面の輪郭を示し、一方、図中の破線は中空糸膜モジュールユニットの外周輪郭を示す。

ここで、膜モジュールユニットの面積効率及び容積効率について説明する。面積効率とは、膜モジュールユニットの膜面積 S を、膜モジュールユニットの投影面積 A （図10の例では $a' \text{ (m)} \times b' \text{ (m)}$ で求められる面積）で割ることにより求められる。一方容積効率とは、該ユニットの膜面積 S を該ユニットの容積 $V' \text{ (m}^3\text{)}$ （図10の例では $a' \text{ (m)} \times b' \text{ (m)} \times \text{ユニット高さ (m: 図示せず)}$ で求められる容積）で割ることにより求められるものである。

また、浸漬水槽の容積 $V \text{ (m}^3\text{)}$ とは、図10の例では $a \text{ (m)} \times b \text{ (m)} \times \text{有効水深 (m: 図示せず)}$ から求められる容積である。

本発明の膜濾過装置においては、中空糸膜モジュールユニットの面積効率 S/A が $1000 \sim 2000 \text{ (m}^2/\text{m}^2\text{)}$ であることが好ましく、 $1100 \sim 1800 \text{ (m}^2/\text{m}^2\text{)}$ であることがより好ましい。面積効率は、該ユニットの積層段数を変更することにより調整可能であるが、積層段数が少なく面積効率が $1000 \text{ (m}^2/\text{m}^2\text{)}$ よりも小さいと該ユニットをコンパクトにできない。一方、積層段数が多く面積効率が $2000 \text{ (m}^2/\text{m}^2\text{)}$ を超えるようになると、例えば散気装置を該ユニットの最下部にのみ設ける場合には、該ユニット上部では気泡が膜全体に行き渡らなくなるので、洗浄不良となる場合がある。

また、本発明の膜濾過装置においては、膜モジュールユニットの容積効率 S/V' が $500 \sim 800 \text{ (m}^2/\text{m}^3\text{)}$ であることが好ましく、 $600 \sim 700 \text{ (m}^2/\text{m}^3\text{)}$ であることがより好ましい。容積効率 S/V' は、 $500 \text{ (m}^2/\text{m}^3\text{)}$ よりも小さいとコンパクトにならず、装置が大型化する。一方、容積効率 S/V' が $800 \text{ (m}^2/\text{m}^3\text{)}$ を超えるようになると、洗浄性が低下する。

また、本発明の膜濾過装置においては、浸漬水槽の容積を V (m^3)、膜モジュールユニットの容積を V' (m^3) としたとき、 $0.70 \leq V'/V \leq 0.99$ であることが好ましい。 V'/V が 0.70 よりも小さい場合、デッドスペースが大きく水回収率の低下につながり、一方、 V'/V が 0.99 よりも大きい場合、該ユニットを浸漬水槽内に設置する際に浸漬水槽内壁とのスペースが小さくなり、据付の際に該ユニットを破損する懸念が生じる。

本発明の濾過装置の運転方法は、膜モジュールユニットの膜面積を S (m^2)、濾過流束、すなわち濾過量 (m^3/D) を膜面積 S (m^2) で割った値を J (m/d)、濾過時間を T (h)、排水サイクル数を N (回)、一回当たりの排水量を D (m^3)、逆洗流束、すなわち逆洗量 (m^3/D) を膜面積 S (m^2) で割った値を J' (m/d)、逆洗時間を T' (h) としたとき、以下の関係を満足する。

$$N \geq 22.8 D / \{S (0.05 J T - J' T')\}$$

水回収率 Q (%) は以下の式により求められる。

$$\begin{aligned} Q &= \{(\text{濾過水量} - \text{逆洗水量}) / (\text{原水供給量})\} \times 100 \\ &= \{(S \times J \times T / 24 \times N - S \times J' \times T' / 24 \times N) / (S \times J \times T / 24 \times N + D)\} \times 100 \end{aligned}$$

水回収率 Q (%) は各条件により決定されるが、排水サイクル N (回) の影響を大きく受ける。そこで、水回収率 Q (%) ≥ 95 とおき、 N (回) を求める場合、上記の式は、

$$N \geq 22.8 D / \{S (0.05 J T - J' T')\} \text{ となる。}$$

大規模な処理施設では排水の絶対量が多くなり、水回収率は重要となる。そこで、上記の式より N を求め、排水サイクルを決定することにより、水回収率95%以上の高回収率を達成できる。

このとき、濾過流束 J (m/d) を原水水質に応じて適宜設定することができ、濾過流束としては $0.25 \sim 2.5 \text{ m}/\text{d}$ であることが好ましい。濾過流束が $0.25 \text{ m}/\text{d}$ よりも低い場合、非常に長時間の運転が必要となり、一方、濾過流束が $2.5 \text{ m}/\text{d}$ よりも高い場合、吸引圧力が早期に上昇する場合がある。

濾過時間 T (h) は、原水水質に応じて適宜選定することができるが、好ましい範囲として $15 \sim 240$ 分、より好ましい範囲として $30 \sim 120$ 分を例示することができる。濾過時間が 15 分よりも短い場合、水回収率や稼働率が低くな

り、一方、濾過時間が180分よりも長い場合、吸引圧力の洗浄回復性が低くなる場合がある。

スクラビングのエア量（膜モジュールユニットの投影面積当りのエア量）についても適宜選定することができるが、好ましい範囲として100～400 ($\text{Nm}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{h})$)、より好ましい範囲として150～250 ($\text{Nm}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{h})$) を例示することができる。エア量が100 ($\text{Nm}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{h})$) よりも少ない場合、洗浄効果が低くなる傾向にあり、一方、エア量が400 ($\text{Nm}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{h})$) よりも多い場合、必要エア量が過大となる傾向にある。

スクラビング洗浄の時間についても適宜選定することができるが、好ましい範囲として1分から10分、より好ましい範囲として2～5分を例示することができる。スクラビング洗浄の時間が1分よりも短い場合、洗浄効果が低く、一方、スクラビング洗浄の時間が10分よりも長い場合、稼働率が低くなる。

逆洗流束 J' (m/d) についても適宜選定することができるが、好ましい範囲として濾過流束の0.3～4倍、より好ましい範囲として濾過流束の1～3倍を例示することができる。逆洗流束が濾過流束の0.3倍よりも低い場合、洗浄効果が低く、一方、逆洗流束が濾過流束の4倍よりも多い場合、水回収率が低くなる。

逆洗時間 T' (h) についても適宜選定することができるが、好ましい範囲として5～180秒、より好ましい範囲として10～90秒を例示することができる。逆洗時間が5秒よりも短い場合、洗浄効果が低く、一方、逆洗時間が90秒よりも長い場合、水回収率や稼働率が低くなる。

逆洗水中に注入する薬液は、必要に応じ適宜選定することができるが、例えば次亜塩素酸ナトリウム水溶液を挙げることができる。注入濃度についても適宜選定することができるが、好ましい範囲として1～100 mg/L (逆洗水中濃度)、より好ましい範囲として2～50 mg/L を例示することができる。なお、薬液の注入は必ずしも行う必要はなく、必要に応じて行えばよい。

排水サイクル数 N (回) は、上記逆洗1回に1回でも、逆洗数回に1回でもよく、適宜選定することができる。好ましい範囲として逆洗1～4回に1回、より好ましい範囲として逆洗1～2回に1回を例示することができる。逆洗4回に1回より少ない場合、吸引圧力が早期に上昇する場合がある。

実験例

以下、実験例を基に本発明について更に詳細に説明する。

「中空糸膜モジュールの作製」

<実験例 1>

中空糸膜として、親水化ポリエチレン多孔質中空糸膜（三菱レイヨン㈱製、商品名：EX540T、内径 $350\mu\text{m}$ 、外径 $540\mu\text{m}$ 、材質：ポリエチレン）を用い、中空糸膜16本を一束として、折り返しながらカガリ糸で編み、シート状中空糸膜を作製した（編み幅： 950mm 、糸束数：70）。

このシート状中空糸膜（枚数27枚）を、ピッチ 6mm （ピッチとはシート状中空糸膜のセンターセンター間の長さを表す）となるように編み地スパーサーを装着しながら積層し、一方の端部を、中空糸膜露出側端部が直方体で、中空糸膜開口側端部が円筒の形状を持つABS樹脂製ハウジング（円筒部内径： 124mm ）に挿入した。次いで、ポッティング樹脂「C4403/N4221」（日本ポリウレタン工業㈱製、二液硬化ポリウレタン樹脂、 1.5kg ）を注入し、シート状中空糸膜とハウジングを接着固定した。

もう一方の端部についても同様に、シート状中空糸膜とハウジングを接着固定し、両端面をカットすることにより中空糸膜を開口させ、図4に示すような構造の中空糸膜モジュールを作製した（膜面積= 34m^2 、 $W=173\text{mm}$ 、 $D=124\text{mm}$ 、 $L=50\text{mm}$ 、直方体部の中空糸膜固定長 20mm 、 $L/D=0.40$ 、 $W/D=1.40$ ）。

<実験例 2>

ポッティング樹脂を 1.3kg 使用した以外は、実験例1と同様にして中空糸膜モジュールを作製した（膜面積= 37m^2 、 $W=173\text{mm}$ 、 $D=124\text{mm}$ 、 $L=35\text{mm}$ 、直方体部の中空糸膜固定長 20mm 、 $L/D=0.28$ 、 $W/D=1.40$ ）。

<実験例 3>

中空糸膜として、親水化ポリエチレン多孔質中空糸膜（三菱レイヨン㈱製、商品名：EX780T、内径 $500\mu\text{m}$ 、外径 $770\mu\text{m}$ 、材質：ポリエチレン）を用い、中空糸膜6本を一束として、折り返しながらカガリ糸で編み、シート状

中空糸膜を作製した（編み幅：950mm、糸束数：82）。

このシート状中空糸膜（枚数30枚）を、ピッチ6mmとなるように編み地スペーサーを装着しながら積層し、一方の端部を、中空糸膜露出側端部が直方体で中空糸膜開口側端部が円筒の形状を持つABS樹脂製ハウジング（円筒部内径：145mm）に挿入した。次いで、実験例1と同種のポッティング樹脂（1.7kg）を注入し、シート状中空糸膜とハウジングを接着固定した。次いで、端面をカットすることにより中空糸膜を開口させ、図5に示すような構造の中空糸膜モジュールを作製した（膜面積＝30m²、W＝232mm、D＝145mm、L＝60mm、直方体部の中空糸膜固定長30mm、L/D＝0.41、W/D＝1.60）。

<実験例4>

編み幅1200mm、糸束数を167とした以外は、実験例1と同様にしてシート状中空糸膜を作製した。

このシート状中空糸膜（枚数27枚）を積層し、ピッチ12mmとなるように編み地スペーサーを装着しながら積層し、一方の端部を、中空糸膜露出側端部が直方体で、中空糸膜開口側端部が円筒の形状を持つシリコン樹脂製ポッティング治具（内径：250mm）に挿入した。次いで、実験例1と同種のポッティング樹脂（5.2kg）を注入し、シート状中空糸膜を接着固定した。

もう一方の端部についても同様に、シート状中空糸膜を接着固定し、両端面をカットすることにより中空糸膜を開口させ、図1に示すような構造の中空糸膜モジュールを作製した（膜面積＝90m²、W＝425mm、D＝250mm、L＝150mm、直方体部の中空糸膜固定長50mm、L/D＝0.60、W/D＝1.70）。

<比較例1>

中空糸膜露出側端部から中空糸膜開口側端部まで直方体の形状を持つハウジング（受圧面寸法：長辺部121mm・短辺部100mm：実験例1の円筒部と受圧面積を同じとした）を使用し、ポッティング樹脂を2.0kg使用した以外は、実験例1と同様にして中空糸膜モジュールを作製した（膜面積＝35m²、固定部材寸法：長辺部121mm・短辺部100mm、中空糸膜固定長70mm）

「中空糸膜モジュールの繰り返し耐圧試験」

実験例 1～4 及び比較例 1 で作製した中空糸膜モジュールを使用し、繰り返し耐圧試験を行った。

繰り返し耐圧試験は、中空糸膜モジュールから中空糸膜を切除し、中空糸膜開口部をポッティング樹脂で封止し、試験サンプルを作製した。次いで、作製した試験サンプルを繰り返し耐圧試験装置にセットし、モジュール端面側から加圧放圧を繰り返し行い、サンプルにリークが生じるまでのサイクル回数を評価した(条件 温度: 40℃、圧力 350 kPa、サイクル: 30 秒オン/30 秒オフ、加圧方向: モジュール端面側から加圧、回数: 最大 5000 回)。結果を表 1 に示した。

表 1

	実験例 1	実験例 2	実験例 3	実験例 4	比較例 1
サイクル回数	5,000 回 (リークなし)	5,000 回 (リークなし)	5,000 回 (リークなし)	5,000 回 (リークなし)	1,530 回(ポッティング面に割れ発生)

繰り返し耐圧試験の結果より、本発明の中空糸膜モジュールは、優れた耐圧性を有することが明らかである。

「中空糸膜モジュールユニットの製作」

＜実験例 5＞

実験例 1 で作製した中空糸膜モジュールを使用し、図 6 に示すような構造の中空糸膜モジュールユニットを作製した(膜面積 136 m²)。さらに、中空糸膜モジュールユニットを鉛直方向に 6 段積層し図 8 に示すような構造で下部に散気装置を備えた中空糸膜モジュールユニットを作製した(膜面積 816 m²、 $a' = 1.2$ m、 $b' = 0.4$ m、ユニット高さ = 2.637 m、面積効率 $S/A = 1700$ m²/m²、ユニット容積 $V' = 1.266$ m³、容積効率 $S/V' = 645$ m²/m³)。

＜実験例 6＞

中空糸膜モジュールを鉛直方向に 4 段積層した以外は、実験例 5 と同様にして中空糸膜モジュールユニットを作製した(膜面積 544 m²、 $a' = 1.2$ m、 $b' = 0.4$ m、ユニット高さ = 1.797 m、面積効率 $S/A = 1133$ m²/m²、 $V' = 0.863$ m³、容積効率 $S/V' = 630$ m²/m³)。

「濾過試験」

<実験例7>

実験例5で作製した中空糸膜モジュールユニットを、図9に示すような膜濾過装置に装着した ($a=1.21\text{ m}$ 、 $b=0.41\text{ m}$ 、有効水深 $=2.637\text{ m}$ 、 $V=1.31\text{ m}^3$ 、 $V'/V=0.97$)。

上記膜濾過装置を用いて、10日間の伏流水濾過試験を実施し、吸引圧力の挙動を評価した。試験条件を表2、結果を表3に示した。

<実験例8>

水槽を、 $a=1.3\text{ m}$ 、 $b=0.5\text{ m}$ 、有効水深 $=2.637\text{ m}$ 、 $V=1.71\text{ m}^3$ 、 $V'/V=0.74$)とした以外は実験例7と同様にして伏流水濾過試験を実施した。試験条件を表2、結果を表3に示した。

<実験例9>

実験例6で作製した中空糸膜モジュールユニットを、図9に示すような膜濾過装置に装着した ($a=1.21\text{ m}$ 、 $b=0.41\text{ m}$ 、有効水深 $=1.797\text{ m}$ 、 $V'/V=0.97$)。上記膜濾過装置を用いて、10日間の伏流水濾過試験を実施し、吸引圧力の挙動を評価した。試験条件を表2、結果を表3に示した。

<実験例10>

水槽を、 $a=1.3\text{ m}$ 、 $b=0.5\text{ m}$ 、有効水深 $=1.797\text{ m}$ 、 $V=1.17\text{ m}^3$ 、 $V'/V=0.74$)とした以外は、実験例9と同様にして伏流水濾過試験を実施した。試験条件を表2、結果を表3に示した。

<比較例2>

水槽を、 $a=1.5\text{ m}$ 、 $b=0.7\text{ m}$ 、有効水深 $=2.637\text{ m}$ 、 $V=2.77\text{ m}^3$ 、 $V'/V=0.46$)とした以外は、実験例7と同様にして伏流水濾過試験を実施した。試験条件を表2、結果を表3に示した。

<比較例3>

水槽を、 $a=1.5\text{ m}$ 、 $b=0.7\text{ m}$ 、有効水深 $=1.797\text{ m}$ 、 $V=1.89\text{ m}^3$ 、 $V'/V=0.46$)とした以外は、実験例9と同様にして伏流水濾過試験を実施した。試験条件を表2、結果を表3に示した。

表2

			実験例				比較例	
			7	8	9	10	2	3
面積効率 (m ² /m ²)			1, 700		1, 133		1,700	1,133
容積効率 (m ² /m ³)			645		630		645	630
V/V'			0.97	0.74	0.97	0.74	0.46	0.46
濾過	J (m/d)		2.0		0.5		2.0	0.5
	T (h)		1				1	
洗浄	スクラ ビング ゲ	処理量 (Nm ³ /(m ² /h))	200					
		時間 (h)	2					
	逆 洗	J' (m/d)	4.0		1.0		4.0	1.0
		T' (h)	0.00833					
	排水	D (m ³)		1.07	1.47	0.731	1.01	2.53
排水サイクル 数 N (回)		1	1	2	3	1	4	

表 3

		実験例				比較例	
		7	8	9	10	2	3
試験開始直後の 吸引圧力 _{20℃} (kPa)		28.0	28.0	15.0	15.0	28.0	15.0
試験終了時の 吸引圧力 _{20℃} (kPa)		30.0	29.7	15.5	15.4	29.6	15.3
水回収率 (%)		96.8	96.3	95.3	95.5	94.8	94.7

濾過試験の結果より、本発明の膜濾過装置は、95%以上という高い水回収を達成しつつ、運転時の吸引圧力も安定していることがわかる。

産業上の利用の可能性

本発明の中空糸膜モジュール、中空糸膜モジュールユニット、膜濾過装置及び

その運転方法は上水の浄化、下排水の浄化、工業プロセス等に用いられる。本発明の中空糸膜モジュールは、固定部材（２）の中空糸膜が露出する側の端面形状が概略矩形であり、且つ、固定部材（２）の中空糸膜が開口する側の端面形状が概略円形であるため、洗浄性に優れるシート状中空糸膜を用いたモジュールにおいて膜面積を大きくした場合でも、中空糸膜固定部の耐圧性が低下することがない。また、本発明の中空糸膜モジュールユニットは、円筒部（４）が貫通する穴を有する板状部材（５）を設け、板状部材（５）により中空糸膜モジュールが位置固定されているので、簡便かつ確実に固定することができると共に、中空糸膜の集積度を向上させることができる。また、本発明の中空糸膜モジュールを複数備えた本発明の膜濾過装置、及び、本発明の運転方法が適用される膜濾過装置は、非常にコンパクトでありながら膜面積が大きく、しかも洗浄性に優れているため、長期に亘って安定して濾過を行うことができる。

請求の範囲

1. 複数のシート状中空糸膜（１）と、

該複数のシート状中空糸膜（１）を、その端部の少なくとも一方を開口状態に保持したまま、概略平行に固定する固定部材（２）とを備え、

該固定部材（２）の中空糸膜が露出する側の端面形状が概略矩形であり、且つ、該固定部材（２）の中空糸膜が開口する側の端面形状が概略円形である中空糸膜モジュール。

2. 前記固定部材（２）は、中空糸膜が露出する側に、形状が概略直方体である直方体部（３）と、中空糸膜が開口する側に、形状が概略円筒である円筒部（４）とを有する請求項１に記載の中空糸膜モジュール。

3. 前記円筒部（４）の直径を D （mm）、長さを L （mm）としたとき、以下の式を満足する請求項２に記載の中空糸膜モジュール。

$$0.2 \leq L/D \leq 1.0$$

4. 前記直方体部（３）の、中空糸膜が露出する端面の長辺部の長さを W （mm）とし、前記円筒部（４）の直径を D （mm）としたとき、次式を満足する請求項２に記載の中空糸膜モジュール。

$$1.0 \leq W/D \leq 2.0$$

5. 請求項２に記載の中空糸膜モジュールが複数個配置されてなると共に、シート状中空糸膜（１）のシート面に垂直な側面に、前記円筒部（４）が貫通する穴を有する板状部材（５）を設け、該板状部材（５）により中空糸膜モジュールが位置固定されてなる中空糸膜モジュールユニット。

6. 前記円筒部（４）と、これに係合する集水キャップ（６）とで、前記板状部材（５）を挟み込んで固定してなる請求項５に記載の中空糸膜モジュールユニット。

7. 前記円筒部（４）と、前記集水キャップ（６）とが、ねじ係合により固定されてなる請求項６に記載の中空糸膜モジュールユニット。

8. 請求項６に記載の中空糸膜モジュールユニットが複数個、鉛直方向に重ねて配置されると共に、

前記シート状中空糸膜（１）のシート面が鉛直方向となるように配置され、かつ鉛直方向に隣接する前記集水キャップ（６）同士が、鉛直方向に伸びる集水部材（７）によって連結され、

前記シート状中空糸膜（１）のシート面に平行な側面に、サイドフレーム（２１）が配置されてなる中空糸膜モジュールユニット。

9. 鉛直方向に隣接する中空糸膜モジュールのシート状中空糸膜（１）同士の鉛直方向の間隔が、70 mm以下である請求項８に記載の中空糸膜モジュールユニット。

10. 膜モジュールユニットを水槽内に配置した膜濾過装置であって、該膜モジュールユニットは、複数の中空糸膜モジュールからなり、該中空糸膜モジュールは、複数のシート状中空糸膜（１）と、該複数のシート状中空糸膜（１）を、その端部の少なくとも一方を開口状態に保持したまま、概略平行に固定する固定部材（２）とを備え、該固定部材（２）の中空糸膜が露出する側の端面形状が概略矩形であり、且つ、該固定部材（２）の中空糸膜が開口する側の端面形状が概略円形である中空糸膜モジュールからなり、該膜モジュールユニットの膜面積を S （ m^2 ）、該膜モジュールユニットの投影面積を A （ m^2 ）、該膜モジュールユニットの容積を V' （ m^3 ）、該水槽の容積を V （ m^3 ）としたとき、以下の３つの関係式を満足する膜濾過装置。

$$1000 \leq S/A \leq 2000 \quad \dots \text{式 (1)}$$

$$500 \leq S/V' \leq 800 \quad \dots \text{式 (2)}$$

$$0.70 \leq V'/V \leq 0.99 \quad \dots \text{式 (3)}$$

11. 膜モジュールユニットを水槽内に配置した膜濾過装置の運転方法であって、

該膜モジュールユニットを複数の中空糸膜モジュールで構成し、

該中空糸膜モジュールを、複数のシート状中空糸膜(1)が、その端部の少なくとも一方が開口状態を保持したまま、固定部材(2)により概略平行に固定されると共に、該固定部材(2)の中空糸膜が露出する側の端面形状が概略矩形であり、且つ、該固定部材(2)の中空糸膜が開口する側の端面形状が概略円形である中空糸膜モジュールからなるように構成し、

該膜モジュールユニットの膜面積を S (m^2)、濾過流束を J (m/d)、濾過時間を T (h)、排水サイクル数を N (回)、排水量を D (m^3)、逆洗流束を J' (m/d)、逆洗時間を T' (h)としたとき、以下の関係式を満足する膜面積 S 、濾過流束 J 、濾過時間 T 、排水サイクル数 N 、排水量 D 、逆洗流束 J' 、逆洗時間 T' を設定して前記膜濾過装置を運転する膜濾過装置の運転方法。

$$N \geq 22.8 D / \{S (0.05 J T - J' T')\} \quad \dots\dots \text{式(4)}$$

1/6

図 1

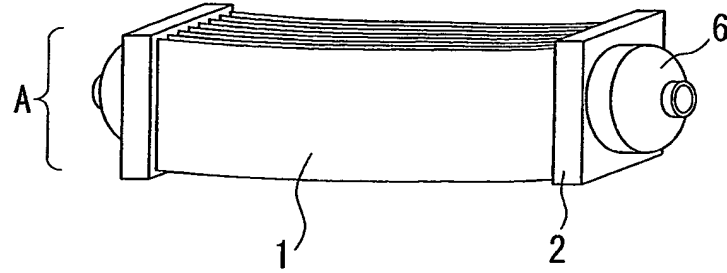


図 2

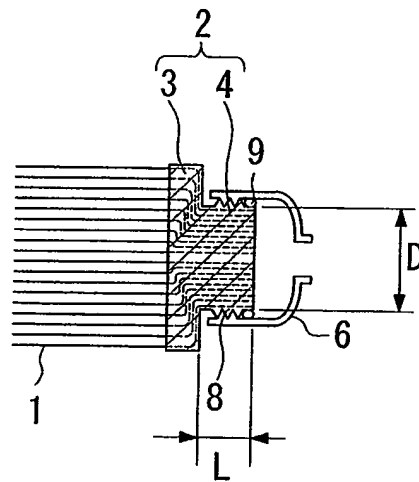
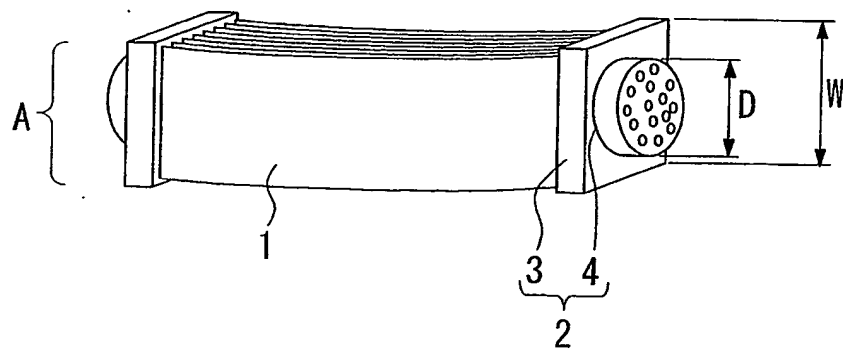


図 3



2/6

図 4

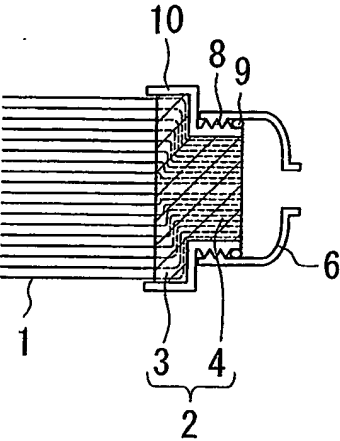


図 5

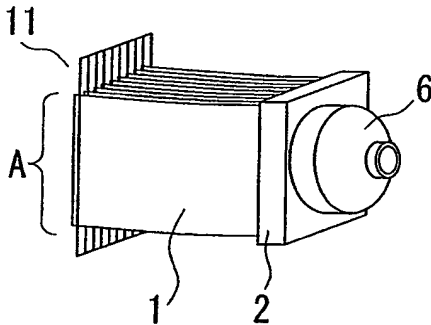
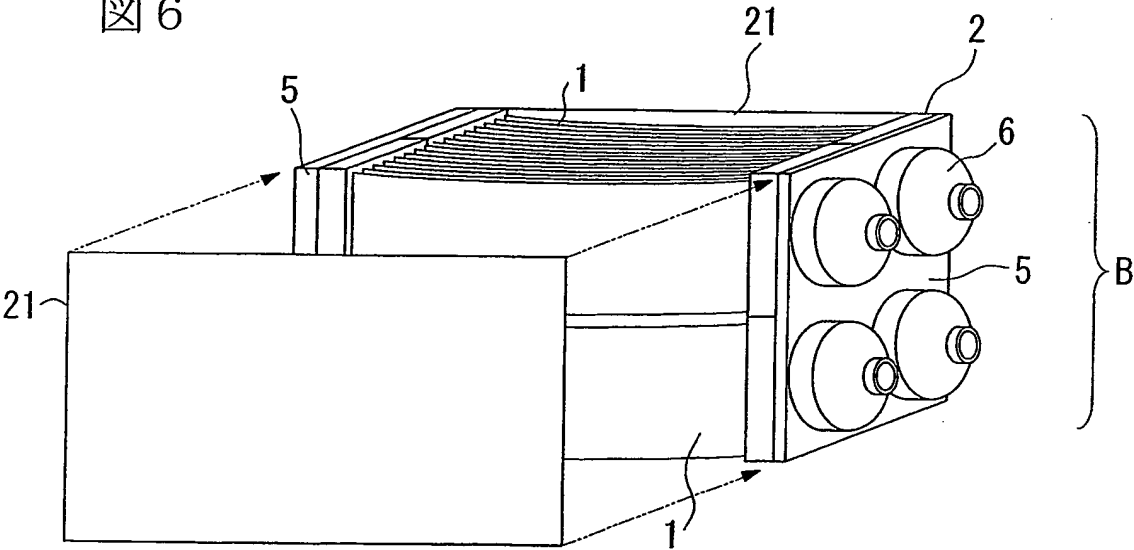
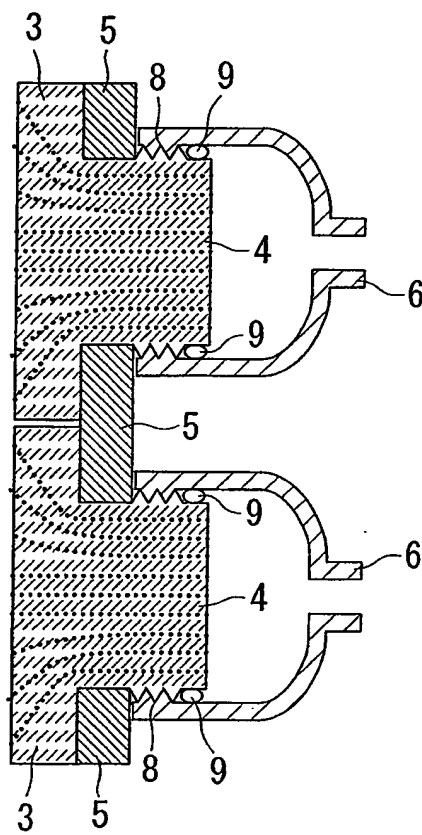


図 6



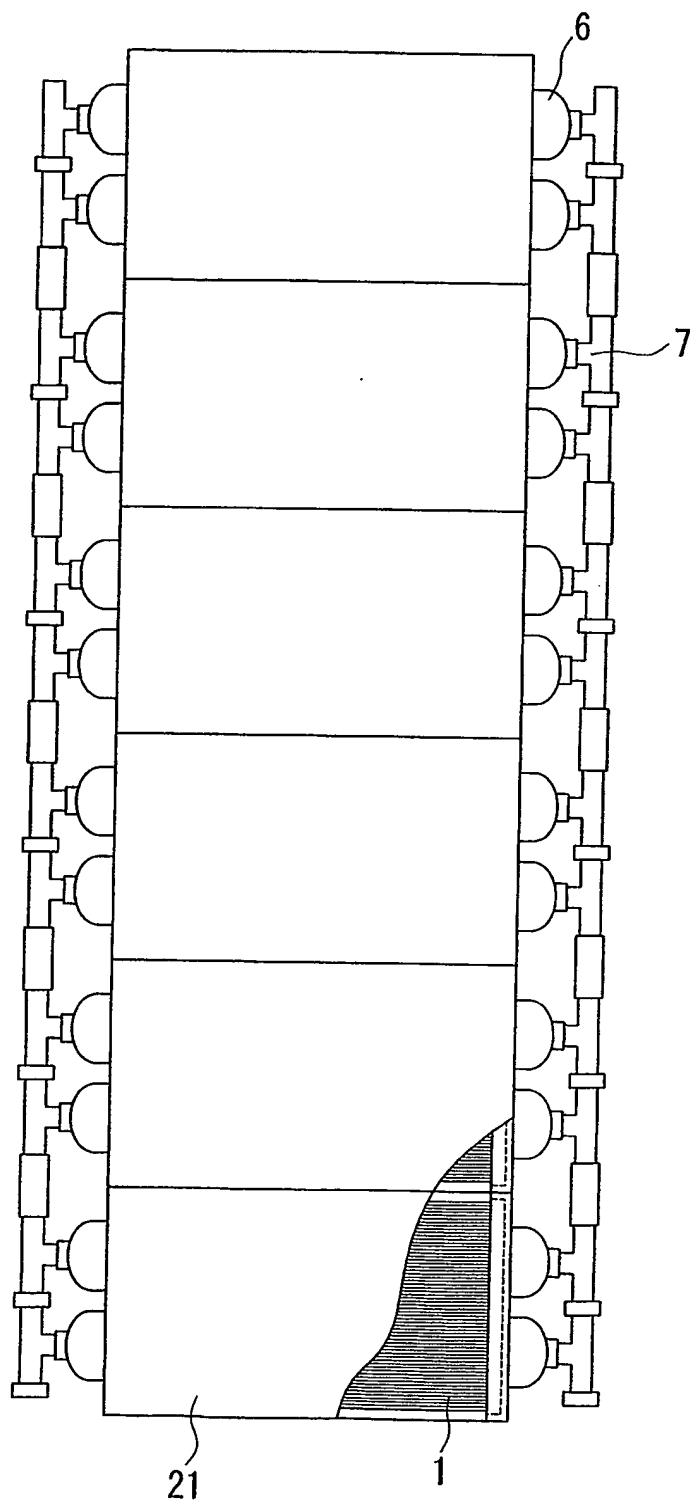
3/6

図 7

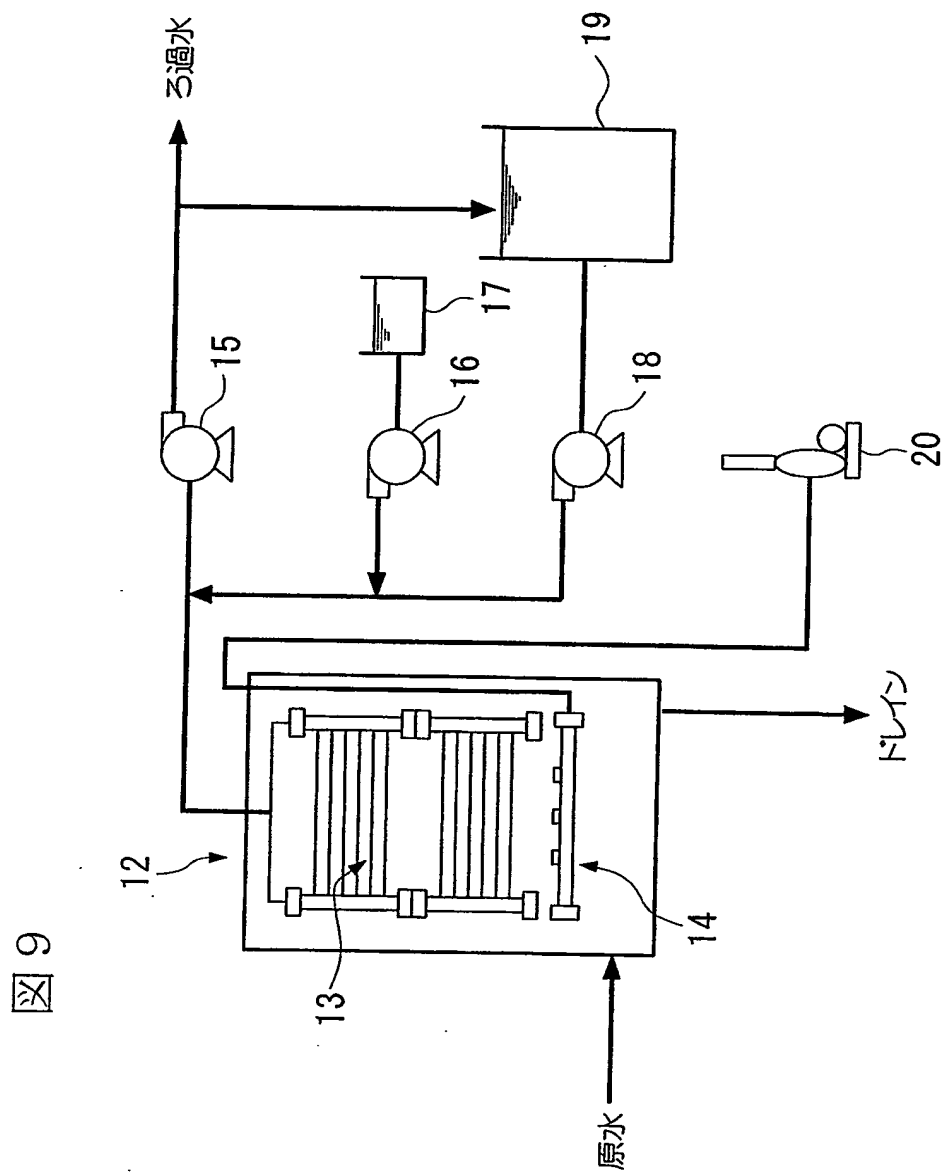


4/6

図 8

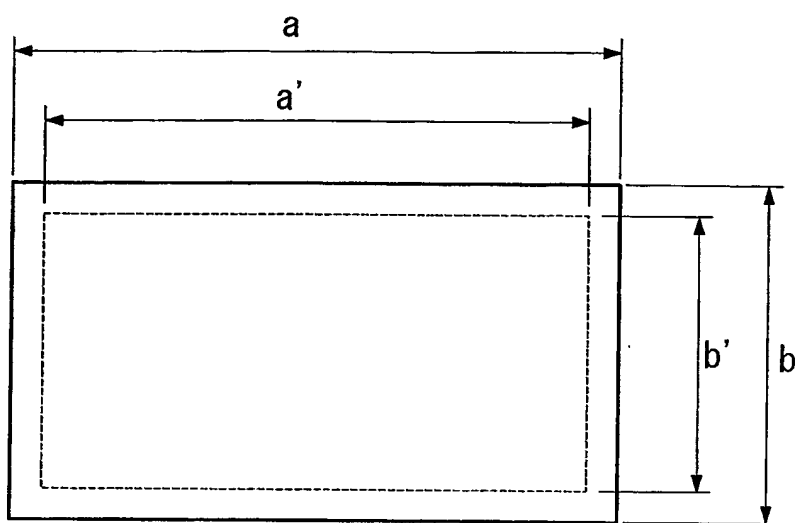


5/6



6/6

図 10



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/12335

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ B01D63/04, 65/02, C02F1/44

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ B01D63/04, 65/02, C02F1/44

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 7-232040 A (Mitsubishi Rayon Co., Ltd.), 05 September, 1995 (05.09.95), Claims 1 to 2; Fig. 1 (Family: none)	1-11
A	JP 2002-35553 A (Mitsubishi Rayon Co., Ltd.), 05 February, 2002 (05.02.02), Claims 1 to 5; Figs. 1 to 5 (Family: none)	1-11
A	JP 11-123319 A (Mitsubishi Rayon Co., Ltd.), 11 May, 1999 (11.05.99), Claim 1; Figs. 1 to 2, 5 to 6 (Family: none)	1-11

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
22 December, 2003 (22.12.03)

Date of mailing of the international search report
20 January, 2004 (20.01.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/12335

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 5-261254 A (Mitsubishi Rayon Co., Ltd.), 12 October, 1993 (12.10.93), Claims 1 to 4; Figs. 1 to 7, 9 (Family: none)	1-11
A	JP 5-37328 U (Mitsubishi Rayon Co., Ltd.), 21 May, 1993 (21.05.93), Claims 1 to 3; Fig. 1 (Family: none)	1-11

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ B01D63/04, 65/02, C02F1/44

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ B01D63/04, 65/02, C02F1/44

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1926-1996
日本国公開実用新案公報	1971-2003
日本国登録実用新案公報	1994-2003
日本国実用新案登録公報	1996-2003

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 7-232040 A (三菱レイヨン株式会社)、1995.09.05、請求項1-2、図1 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 2002-35553 A (三菱レイヨン株式会社)、2002.02.05、請求項1-5、図1-5 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 11-123319 A (三菱レイヨン株式会社)、1999.05.11、請求項1、図1-2、図5-6 (ファミリーなし)	1-11

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリ

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

22.12.03

国際調査報告の発送日

20.1.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

中野 孝一

4D

9153

電話番号 03-3581-1101 内線 3421

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 5-261254 A (三菱レイヨン株式会社) 、1993. 10. 12、請求項1-4、図1-7、図9 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 5-37328 U (三菱レイヨン株式会社) 、1993. 05. 21、請求項1-3、図1 (ファミリーなし)	1-11